

लहरी

आपल्याला दिसणारा प्रकाश लहान लहान लहरींच्या प्रवाहाचा बनलेला असतो. एकापुढे एक अशा ठेवल्यास एका इंचात साधारणपणे ५०,००० प्रकाशलहरी मावतील. याचाच अर्थ प्रत्येक प्रकाशलहर १/५०,००० इंच लांब आहे. याला म्हणतात 'लहरीची लांबी' (वेव्ह लेंथ).

पुढे जाण्यापूर्वी, इंचाचा वापर न करता आपण या 'लहरलांबी'चे वर्णन करूया. अमेरिकेत इंचाचा वापर होतो पण जगात सर्वत्र 'मीटर' या मापाचा वापर केला जातो. सर्व ठिकाणचे शास्त्रज्ञ, यात अमेरिकेतील शास्त्रज्ञ देखील येतात, मीटरचाच वापर करतात.

एक मीटर म्हणजे ३९.३७ इंच किंवा सुमारे सव्वातीन फूट. हे अंतर बरेच मोठे आहे, पण आपण जसे याड्यांचे फूट व इंचात विभाजन करतो, तसेच मीटरचे लहान लहान भाग करता येतात. एक यार्ड म्हणजे तीन फूट, आणि एक फूट आपण बारा इंचात विभागतो. मीटर मात्र नेहमी दहा, शंभर किंवा हजार अशा भागातच विभागला जातो. यामुळे ही 'मेट्रिक पद्धत' अधिक सोयीची होते.

१ सेंटीमीटर = १/१०० मीटर, किंवा सुमारे २/५ इंच.

१ मिलिमीटर = १/१००० मीटर, किंवा सुमारे १/२५ इंच.

१ मायक्रोमीटर = १/१००० मिलिमीटर किंवा मीटरचा एक दशलक्षांश भाग.

१ नॅनोमीटर = १/१००० मायक्रोमीटर किंवा मीटरचा एक अब्जांश भाग.

एक प्रकाशलहर सुमारे ५०० नॅनोमीटर लांब असते. त्याचाच अर्थ ती १/५०,००० इंच लांब असते, पण जगभरातील शास्त्रज्ञ नॅनोमीटरचाच वापर करतात.

अर्थात, सर्व प्रकाशलहरींची लांबी सारखी नसते. काही अधिक लांब असतात तर काही थोड्या आखूड. त्यांच्याकडे नुसते पाहूनही आपण हा फरक सांगू शकतो, कारण निरनिराळ्या लांबीच्या प्रकाशलहरी जो प्रकाश देतात तो डोळ्यांना निरनिराळ्या रंगात दिसतो.

सर्वाधिक लांबी असणाऱ्या प्रकाशलहरी आपल्याला गडद लाल रंगाच्या दिसतात. त्यांची लांबी असते ७८० नॅनोमीटर. गडद जांभळ्या रंगाच्या लहरी सर्वात आखूड म्हणजे ३९० नॅनोमीटर लांबीच्या असतात. नारिंगी, पिवळ्या, हिरव्या व निळ्या रंगाच्या लहरी या दोन्हीच्या मध्ये येतात.

प्रत्येक रंगाच्या लहरी लहानशा अंतरात पसरलेल्या असतात आणि त्यांची लांबी बदलताना रंग एकमेकांत मिसळतात. त्यामुळे त्यांच्यात निश्चित अशी विभागणी नसते. निरनिराळ्या रंगांच्या लहरींच्या लांबीचा जर आपण एखादा तक्ता बनवला, तर तो असा दिसेल:

लाल	७८० नॅनोमीटर
नारिंगी	६०० नॅनोमीटर
पिवळा	५८० नॅनोमीटर
हिरवा	५२० नॅनोमीटर
निळा	४५० नॅनोमीटर
जांभळा	४१० नॅनोमीटर

हवेतून पाण्यात किंवा काचेत जाताना प्रकाशकिरण थोडेसे वळतात. लहरलांबी जितकी कमी असेल, तितके ते अधिक वळतात. सूर्यप्रकाशात सर्व लहरींचे, सर्व रंगांचे मिश्रण असते, पण जेव्हा ते हवेतील सूक्ष्म जलबिंदूंतून जातात, तेव्हा निरनिराळ्या लहरी वेगवेगळ्या प्रमाणांत वळतात व मिश्रणातील सर्व रंग वेगळे झालेले दिसतात. आपल्याला जेव्हा इंद्रधनुष्य दिसते तेव्हा नेमके हेच झालेले असते. पाण्याच्या बिंदूमुळे लहरलांबी वेगवेगळी होते आणि आपल्याला एकमेकांत मिसळलेले रंगांचे पट्टे दिसतात.

पण या फक्त आपल्या डोळ्यांना दिसणाऱ्या लांबीच्याच लहरी आहेत.

७८० नॅनोमीटरहून अधिक लांबीच्या देखील प्रकाशलहरी असतात पण त्या आपल्या डोळ्यांना दिसत नाहीत. तसेच ३९० नॅनोमीटरहूनही आखूड लहरीही असतात पण त्यांचाही प्रकाश आपल्या डोळ्यांना दिसत नाही. परंतु अशा प्रकारच्या लहरी अस्तित्वात आहेत.

१८०० साली विल्यम हर्षल (१७३८-१८२२) या जर्मनीत जन्मलेल्या इंग्रज शास्त्रज्ञाने अधिक लांबीच्या या लहरींचा शोध लावला. त्यांना 'अवरक्त किरण' (इन्फ्रा रेड, म्हणजे लालच्या पलीकडले) म्हणतात. या लहरींची लांबी ७८० नॅनोमीटरपासून ते १ कोटी नॅनोमीटरपर्यंत म्हणजेच १ सेंटीमीटर इतकीही असू शकते.

१८०१ साली योहान विल्हेम रिटर (१७७६-१८१०) या जर्मन शास्त्रज्ञाने अति-आखूड लहरींचा शोध लावला. त्यांना म्हणतात 'अतिनील किरण' (अल्ट्रा व्हायोलेट, म्हणजे जांभळ्याच्या रंगाच्या पलीकडचे). अशा अतिनील किरणांची लांबी ३९० नॅनोमीटरपासून ते १० नॅनोमीटरपर्यंत असू शकते.

हे सर्व कुठे संपते? आखूड लहरी किती आखूड आणि लांब लहरी किती लांब असू शकतात?

१८७३ साली जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल (१८३१-१८७९) या इंग्रज शस्त्रज्ञाने असे दाखवून दिले की विद्युत व चुंबकत्व हे एकाच बाबीकडे पाहण्याचे दोन निरनिराळे मार्ग आहेत. यांच्या एकत्रित अभ्यासाला 'विद्युतचुंबकत्व' (इलेक्ट्रोमॅग्नेटिझम) असे नाव आहे.

विद्युतप्रवाह नेणाऱ्या वस्तू किंवा चुंबकत्व असणाऱ्या वस्तू आपल्याभोवती एक चुंबकीय क्षेत्र निर्माण करतात. या विद्युतचुंबकीय क्षेत्रातून विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्गाच्या लहरी (इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक रेडिएशन) निर्माण होऊ शकतात. आपल्या डोळ्यांना दिसणारा प्रकाश तसेच आपल्याला न दिसणारे अतिनील व अवरक्त किरण ही सर्व विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्गाची उदाहरणे आहेत.

असा किरणोत्सर्ग कोणत्याही लांबीच्या लहरींमधून - हजारो मीटरपासून ते नॅनोमीटरच्या छोट्याशा भागापर्यंत - येऊ शकेल असे मॅक्सवेलचे म्हणणे होते.

१८८८ साली हेन्रिक रुडॉल्फ हर्ट्झ (१८५७-१८९४) या जर्मन शास्त्रज्ञाने अतिशय लांब लहरींमधून येणाऱ्या किरणोत्सर्गाचा शोध लावला. अशा लहरींना 'रेडियो लहरी' असे नाव देण्यात आले आणि त्यापैकी काही खरोखरच हजारो मीटर लांबीच्या असतात. अमेरिकेच्या मापाने मोजले असता या लहरींची लांबी मैलातच मोजता येईल.

सर्वात आखूड रेडियो लहरी, म्हणजे अवरक्त किरणांपेक्षा थोड्याच अधिक लांब असणाऱ्या, म्हणजे 'मायक्रोवेव्हज'. यांची लांबी १ मिलिमीटरपासून ते १५० मिलिमीटरपर्यंत असू शकते. (इंचात मोजल्यास, त्यांची लांबी १/२५ ते सव्वासहा इंचांपर्यंत भरेल.)

१८९५ साली विल्हेम कॉनरॅड रॉटजेन (१८४५-१९२३) या आणखी एका जर्मन शास्त्रज्ञाने अति-आखूड लहरींच्या विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्गाचा शोध लावला. त्याला त्याने नाव दिले 'क्ष' किरण, व त्यांची लहरलांबी १० नॅनोमीटर ते १/१००० नॅनोमीटरच्या दरम्यान असल्याचे त्याला आढळले.

पुढल्याच वर्षी आन्त्वान हेन्री बेकरेल (१८५२-१९०८) या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने असा शोध लावला की युरेनियमसारख्या काही मूलद्रव्यांतून कायमच किरणोत्सर्ग बाहेर पडत असतो. पॉल युलिच व्हिलार्ड (१८६०-१९३४) या आणखी एका फ्रेंच शास्त्रज्ञाने असा शोध लावला की युरेनियममधून बाहेर पडणाऱ्या किरणोत्सर्गात एक प्रकारचा विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्ग होता व त्या लहरींची लांबी तर क्ष किरणांपेक्षाही कमी होती. हा नवा किरणोत्सर्ग म्हणजे 'गॅमा' किरण व त्याच्या लहरींची लांबी १/१००,००० ते १ नॅनोमीटर किंवा त्याहूनही कमी असते.

सर्वात लांब लहरींपासून उतरत्या क्रमाने विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्गाच्या लहरींची नावे खाली दिली आहेत:

रेडियो लहरी

मायक्रोवेव्हज

अवरक्त किरण

डोळ्यांना दिसणारा प्रकाश

अतिनील किरण

क्ष किरण

गॅमा किरण

किरणोत्सर्ग व ऊर्जा

प्रकाश ही एक प्रकारची ऊर्जा आहे. ज्याद्वारे काम होऊ शकते ती ऊर्जा, आणि प्रकाश काम करू शकतो.

पाण्याच्या प्रवाहाप्रमाणेच प्रकाशाच्या स्रोतातून सलगपणे ऊर्जा येताना दिसते. ही ऊर्जा कायमच अधिकाधिक लहान तुकड्यात विभागता येईल असे वाटते. पाण्याचा स्रोतही तसाच भासतो, पण पाणी दिसू शकणार नाहीत अशा सूक्ष्म अणूंचे बनलेले असते, व अणू हा सर्वसामान्य द्रव्याचा सर्वात लहान घटक असतो हे आपल्याला माहीत आहे.

पाणी अखंड स्रोताच्या स्वरूपात वाहते असे दिसले, तरी ते खरोखर सूक्ष्म अणूंचे बनलेले असते, मग ऊर्जा देखील अशाच कसल्या तरी सूक्ष्म कणांची बनली असेल का?

१९०० साली मॅक्स कार्ल अर्नेस्ट ल्युडविग प्लँक (१८५८-१९४७) हा जर्मन शास्त्रज्ञ याचा विचार करीत होता. उष्ण वस्तूतून निरनिराळ्या लहरलांबीचा किरणोत्सर्ग कशा प्रकारे येत असावा यासंबंधी तो संशोधन करीत होता. त्यातून काही प्रकारच्याच लहरी इतर लहरीपेक्षा अधिक प्रमाणात का येत असाव्यात?

अनेक शास्त्रज्ञांनी याचे स्पष्टीकरण देण्याचा आणि त्याच प्रकारच्या लांबीच्या लहरी का यायला हव्यात याचे वर्णन करण्याचा प्रयत्न केला. तथापि, त्यांचे स्पष्टीकरण प्रत्यक्ष परिस्थितीला लागू पडत नव्हते. जे शास्त्रीय स्पष्टीकरण प्रत्यक्ष परिस्थितीला लागू होत नाही ते निरुपयोगीच असते.

परंतु इतर शास्त्रज्ञांनी, ऊर्जा सलग स्रोतातूनच अखंडपणे येते आणि ती तुकड्यांची बनलेली नसते अशा कल्पनेनेच विचार चालू ठेवला. प्लँकने विचार केला: समजा असे कण/तुकडे असतीलच तर?

गरम वस्तूतून किरणोत्सर्ग बाहेर पडतांना निरनिराळ्या लांबीच्या लहरी का येत असाव्यात यासंबंधी इतर शक्यतांचा विचार करताना त्याने या शक्यतेचाही विचार मनात ठेवला. त्याचे स्पष्टीकरण परिस्थितीला चपखलपणे लागू झाले.

या प्रत्येक लहानशा तुकड्यात नेमकी किती ऊर्जा असेल याचा प्लँक विचार करू लागला, म्हणून त्याने यासंबंधी जे संशोधन केले, त्याला 'क्वॉन्टम थियरी' ('पुंज सिद्धांत', क्वॉन्टम या लॅटिन शब्दाचा अर्थ आहे 'किती?') असेच म्हटले जाते. या प्रत्येक तुकड्यात अत्यल्प ऊर्जा असते असे त्याला आढळले. त्याच कारणाने असे लहान लहान तुकडे अस्तित्वात असावेत हे लक्षात येण्यास शास्त्रज्ञांना इतका वेळ लागला.

१९१८ साली प्लँकला या संशोधन कार्यासाठी नोबेल पारितोषिक मिळाले.

कालांतराने या छोट्याशा तुकड्याला 'फोटॉन' असे नाव देण्यात आले. फोटॉनमध्ये असणारी ऊर्जा ही विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्गाच्या निरनिराळ्या लांबीच्या लहरीपेक्षा निराळी असते हा प्लँकने लावलेला एक अतिशय महत्वाचा शोध आहे. लहरीची लांबी जितकी कमी असेल, तितकी त्यातील फोटॉनची ऊर्जा अधिक असते.

उदाहरणार्थ, जांभळ्या रंगातील प्रकाशलहरींची लांबी लाल रंगाच्या प्रकाशलहरीपेक्षा सुमारे अर्धीच असते. याचा अर्थ, जांभळ्या प्रकाशातील फोटॉनमध्ये लाल रंगाच्या प्रकाशातील फोटॉनपेक्षा जवळजवळ दुप्पट ऊर्जा असते. याच कारणाने जांभळा प्रकाश अधिक काम करू शकतो. ऊर्जेच्या एखाद्या जांभळ्या रंगाच्या व लाल रंगाच्या प्रकाशात एकूण ऊर्जा जरी समानच असली, तरी जांभळा प्रकाश मोठ्या फोटॉनद्वारे येतो व त्यामुळे हा फरक पडतो.

उदाहरणार्थ, कल्पना करा की कोणीतरी तुमच्यावर एक पौंड पावडर टाकली. तुम्हाला काही ती लागणार नाही. पण तेच जर कुणी तुमच्यावर एक पौंड खडे टाकले, तर त्यातील प्रत्येक खडा तुम्हाला लागेल. आणि जर कुणी एक पौंडाचा एकच दगड तुमच्यावर टाकला, तर त्याने चांगलीच इजा होईल.

प्रकाश जी अनेक प्रकारची कार्ये करतो, त्यापैकी एक आहे, फोटोच्या प्लेटवरील रसायन गडद करणे, म्हणजे त्यावर फोटो घेता येतो. लाल रंगाच्या प्रकाशातील फोटॉन इतके लहान असतात की नेहमीच्या फिल्मवरील रसायनावर त्यांचा काहीच परिणाम होत नाही. म्हणूनच फोटोची फिल्म धुण्याचे म्हणजेच डेव्हलप करण्याचे काम लाल रंगाच्या प्रकाशात केले जाते. आपण करीत असलेले काम तर दिसते पण फिल्मवर मात्र त्याचा काही परिणाम होत नाही. आखूड प्रकाशलहरींच्या प्रकाशात सर्वच फिल्म एकदम काळी होईल.

अर्थातच, लाल प्रकाशाच्या लहरींपेक्षाही अधिक लांबीच्या लहरीत त्याहूनही कमी ऊर्जा असेल. डोळ्यांना दिसणाऱ्या प्रकाशापेक्षा अवरक्त किरणांत कमी ऊर्जा असते. मायक्रोवेव्हजमध्ये त्याहूनही कमी ऊर्जा असते आणि रेडियोलहरीत सर्वात कमी ऊर्जा असते.

वर्णपटाच्या दुसऱ्या टोकाला नेमकी याउलट परिस्थिती असते. अतिनील किरणातील डोळ्यांना न दिसणाऱ्या प्रकाशातील आखूड लहरींमुळे त्यात डोळ्यांना दिसणाऱ्या प्रकाशापेक्षा अधिक ऊर्जा असते. क्ष किरणांत त्याहून अधिक ऊर्जा असते तर गॅमा किरणांत सर्वाधिक ऊर्जा असते.

प्रकाशलहरींची लांबी जसजशी कमी होत जाते, तसतशी त्यांच्यातील ऊर्जा वाढत असल्याचे आपल्याला समजून येते. रेडियो लहरी आपल्या अवतीभवती सर्वत्र असतात कारण रेडियो आणि दूरदर्शनचे प्रसारण त्यांच्याद्वारेच होते, पण त्यांच्यात अतिशय कमी ऊर्जा असल्याने आपल्याला त्यांतून हानी पोहोचत नाही. याउलट सूर्यप्रकाशाने आपली त्वचा काळवंडते. त्वचा जर गोरी असेल, तर ती चांगलीच भाजून निघते.

सूर्यप्रकाशात बराच काळ काढल्यास, विशेषतः सूर्यप्रकाशातील आखूड लहरींचा प्रभाव झाल्यास, त्वचेचा कर्करोग देखील होऊ शकतो. सूर्यप्रकाशात अतिनील किरण असतात आणि त्यांच्यामुळे सर्वाधिक धोका संभवतो.

क्ष किरण आणि गॅमा किरण याहूनही अधिक धोकादायक असतात. डॉक्टर आणि दंतवैद्य शरीरातील पेशींची परिस्थिती जाणून घेण्यासाठी क्ष किरणांचा वापर करतात. परंतु, ते क्ष किरणांचा वापर कमीत कमी वेळासाठी करतात. गॅमा किरण तर याहूनही अधिक धोकादायक आहेत.

एखाद्या वस्तूभोवती तिच्याहून अधिक थंड आवरण असते, तेव्हा त्या वस्तूतून विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्ग बाहेर पडून ती वस्तू थंड होते. याउलट वस्तूभोवतालचे आवरण अथवा वातावरण तिच्याहून अधिक गरम असल्यास, आजूबाजूच्या इतर वस्तूतून बाहेर पडणारा विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्ग ती वस्तू शोषून घेते व तिचे तापमान वाढते. विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्ग नेहमीच गरम वस्तूकडून थंड वस्तूकडे जातो व तापमानाची एकच पातळी राखली जाते.

म्हणून विश्वात सर्वत्र फोटॉन एका वस्तूकडून दुसरीकडे असे सतत उडत असतात. काही वस्तूंतून ते कायम बाहेर पडत असतात व त्याला 'किरणोत्सर्ग' (एमिशन ऑफ रेडिएशन) म्हणतात.

वस्तूंमधून बाहेर येणारे फोटॉन निरनिराळ्या लांबीच्या लहरींमधून येतात, पण काही लांबीच्या लहरी इतरांपेक्षा अधिक प्रमाणात येतात. सामान्यतः मध्यमस्वरूपाची लांबी असणाऱ्या लहरी सर्वाधिक प्रमाणात येतात. अधिक लांब अथवा अधिक आखूड लहरी कमी वेळा येतात. अतिशय लांब अथवा अतिशय आखूड लहरी क्वचितच येतात. हे सर्व पुंज सिद्धांतात (क्वॉन्टम थियरी) स्पष्ट करण्यात आले.

एखादी वस्तू अधिकाधिक गरम होत आहे अशी कल्पना करा. अर्थातच असे होताना त्यातून अधिकाधिक फोटॉन बाहेर पडतील. विशेष म्हणजे, जसजशी वस्तू अधिक गरम होते, तसे त्यातून निघणाऱ्या फोटॉनमधून सरासरीने अधिक ऊर्जा असते. याचा अर्थ, थंड वस्तूतून निघणाऱ्या फोटॉनच्या तुलनेत गरम वस्तूतून निघणाऱ्या फोटॉनमधून सरासरीने निघणाऱ्या सर्वाधिक लहरी आखूड लांबीच्या असतात.

म्हणजे, अतिशय थंड वस्तूतून रेडियो लहरींचे व मायक्रोवेव्हजचेच फोटॉन बाहेर पडतात. एखादी वस्तू मानवी शरीराइतक्या तापमानाला पोचते, तेव्हा तिच्यातून मुख्यतः अवरक्त किरण बाहेर पडतात.

पाणी उकळत असलेल्या किटलीतून बरेचसे अवरक्त किरण बाहेर पडतात, आणि आपण जर आपला हात किटलीजवळ नेला, तर उष्णतेच्या रूपाने आपल्याला या किरणांचा अनुभव येतो. आपला हात किटलीपेक्षा थंड आहे, म्हणून तो अवरक्त किरणांतील फोटॉन शोषून घेतो व हात गरम होतो.

एखादी वस्तू जर खूप तापवली, तर अखेरीस त्यातून डोळ्यांना दिसणाऱ्या प्रकाशाचे किरण बाहेर पडतील. यातून अधिक करून लांब प्रकाशलहरी बाहेर येतील, म्हणून ती वस्तू 'लाल गरम' दिसू लागेल. ती जर आणखी तापवली, तर दिसणाऱ्या प्रकाशाचे व अधिकाधिक आखूड लांबीचे किरण बाहेर पडतील, व वस्तू 'सफेद गरम' दिसू लागेल.

सूर्याचा पृष्ठभाग असा सफेद गरम आहे. आपण जेव्हा शेकोटी पेटवतो, तेव्हा ती काही सूर्याच्या पृष्ठभागाइतकी गरम नसते म्हणून त्या ज्वाळा पिवळसर किंवा नारिंगी दिसतात.

कोणत्याही वस्तूतील निरनिराळ्या अणूंत किंवा अणूंच्या मिश्रणात ऊर्जा सामावलेली असते आणि ते नेहमीच एकमेकांना ढकलत इकडे तिकडे फिरत असतात. या ढकलाढकलीतूनच फोटॉनच्याद्वारे ऊर्जा एका अणूकडून दुसऱ्या अणूकडे पाठवली जाते व त्यातील काही बाहेरच्या जगात येते.

सामान्यतः प्रत्येक अणूतून एका विशिष्ट लहरलांबीचा फोटॉन अशा प्रकारे बाहेर येतो की त्याची विशिष्ट दिशा असते. दुसरा एखादा अणु निराळ्याच लहरलांबीचा फोटॉन वेगळ्या दिशेने पाठवेल.

याचाच अर्थ, कोणत्याही एका वस्तूतून फोटॉनचा फवारा सर्व दिशांना उडत असतो व त्यातून अनेक निरनिराळ्या लांबीच्या लहरी येत असतात. सूर्यप्रकाश, शेकोटी, मेणबत्या, विजेचा दिवा, गरम किटल्या या सर्वांबाबतच हे खरे आहे. फोटॉन बाहेर पडण्याचा याशिवाय दुसरा एखादा मार्ग असू शकेल असे वाटणारही नाही.

मेझर्स

१९१७ साली आल्बर्ट आईन्स्टाईन (१८७९-१९५५) या जर्मन शास्त्रज्ञाने फोटॉन ज्याप्रकारे बाहेर पडतात त्याचा विचार केला. एखादा अणु किंवा अणूंचा एखादा गट, त्याच्यासाठी योग्य आकाराचा असा एखादा फोटॉन निवडून त्याला ऊर्जेच्या उच्च पातळीवर पाठवू शकेल, आणि तो फोटॉन त्याच्या रचनेतही योग्य प्रकारे सामावला जाईल असे आईन्स्टाईनला वाटले. असा अणु किंवा अणूंचा गट मग उत्तेजित करता (एक्साइट) येईल व केव्हातरी त्याच्याकडील अधिकची ऊर्जा तो बाहेर टाकेल व त्याला ज्याने उत्तेजित केले होते, त्याच आकाराचा फोटॉन तयार करील. निरनिराळे अणू असे फोटॉन वेगवेगळ्या वेळी व वेगवेगळ्या दिशेने बाहेर टाकतील.

एखाद्या विशिष्ट द्रव्यातील सर्वच अणू असे उत्तेजित केले आहेत अशी कल्पना करा. मग सर्वांतच ही अधिकची ऊर्जा असेल. अशा वेळी नेमका योग्य आकाराचा फोटॉन त्यांना उत्तेजित करण्यासाठी आला आहे अशी कल्पना करा. तो एका अणूवर आदळेल पण त्याने तो अणू उत्तेजित केला जाणार नाही कारण तो अगोदरच उत्तेजित झालेला असेल. त्याऐवजी ज्या क्षणी हा फोटॉन त्याच्यावर आदळेल, त्याच क्षणी तो आपल्याकडील अधिकचा फोटॉन बाहेर टाकायला भाग पाडेल. त्यातून बाहेर पडणारा फोटॉन त्याच्यावर आदळलेल्या फोटॉनच्या आकाराचाच असेल, आणि दुसरा फोटॉनही पहिल्याच्याच दिशेने निघून जाईल.

आता हे योग्य आकाराचे दोन फोटॉन आणखी दोन फोटॉनना टक्कर देतील व त्यातून आणखी दोन फोटॉन निघतील. मग ते चार फोटॉन आणखी चार अणूंना धडक देतील व त्यातून चार नवे फोटॉन बाहेर पडतील व असे घडतच राहील. हे सर्व अत्यंत जलद गतीने घडेल, म्हणजे आपण डोळ्यांची उघडझाप करू तेवढ्या क्षणार्धात अब्जावधी फोटॉन तयार झाले असतील, त्या सर्वांची लहरलांबी तीच असेल आणि ते सर्व एकाच दिशेने बाहेर पडत असतील.

हा काही नेहमी दिसतो तसा कोणत्याही दिशेने फोटॉन उडवणारा, सर्व प्रकारच्या लांबीच्या प्रकाशलहरींचा शेकोटीतील किंवा सूर्यातील किरणोत्सर्ग नव्हे. डिवचलेल्या अणूंना नेमक्या योग्य आकाराच्या फोटॉनने टक्कर दिली असता निर्माण होणारा हा उत्सर्ग आहे. अणूंना फोटॉनने चालना (स्टिम्युलेशन) दिली आहे म्हणून याला म्हणतात 'चालना दिल्याने बाहेर पडणारा किरणोत्सर्ग' (स्टिम्युलेटेड एमिशन ऑफ रेडिएशन).

शिवाय सुरुवात जरी एका फोटॉनपासून केली असली, तरी त्यातून अगणित फोटॉन मिळतात. सुरुवातीचा एक फोटॉन कदाचित दिसणारही नाही, पण त्यातून मोठ्या संख्येने निघणारे फोटॉन ओळखणे सोपे होईल. मूळचा फोटॉन जणू काही मोठा केला आहे किंवा त्याची शक्ती वाढवली असावी त्याप्रकारे ही ऊर्जा दिसू लागेल. हे झाल्यावर आपल्याला 'शक्ती वाढवून चालना दिल्याने बाहेर पडणारा किरणोत्सर्ग' (अॅम्प्लिफिकेशन बाय स्टिम्युलेटेड एमिशन ऑफ रेडिएशन) याविषयी बोलता येते.

कोणत्याही दिशेने बाहेर पडणारे व कोणत्याही लहरलांबीचे फोटॉन एकत्रित राहत नाहीत. ते विखुरले जातात. प्रकाशकिरण एकाच दिशेने परावर्तित व्हावेत यासाठी गाडीच्या दिव्यांत किंवा विजेरीत असतो तसा वक्र आरसा जरी वापरला, तरीही प्रकाश चटकन सर्वत्र विखुरला जातो. अशा प्रकाशाला 'विस्तारित स्रोत' (इनकोहिरंट) म्हणजे जो एकत्रित राहत नाही असा, असे म्हणतात. तसेच तो अनेकरंगी (पॉलिक्रोमॅटिक) किंवा निरनिराळ्या लांबीच्या लहरी असणारा असतो.

याउलट, चालना देण्याने उत्सर्जित झालेल्या प्रकाशाच्या लहरींची लांबी एकच असते. तो एकाच रंगाचा (मोनोक्रोमॅटिक) किंवा एकाच लांबीचा असतो. तसेच सर्व फोटॉन्स एकाच दिशेने जात असल्याने प्रकाश जवळजवळ विखुरला जात नाही. म्हणून हा प्रकाश 'बिंदू स्रोत' (कोहिरंट), एकत्र राहणारा किंवा एका जागी एकवटलेला असतो.

आईन्स्टाईन हा सैद्धान्तिक भौतिकशास्त्रज्ञ होता. याचा अर्थ, प्लॅन्कचा 'पुंज सिद्धांत' जर अचूक ठरला, तर काय घडायला हवे याचा विचार तो आपल्या मनाशी किंवा कागदावर करीत असे. पण प्लॅन्कचा सिद्धांत अचूक ठरला नाही, तर? यासाठी एक प्रयोग करून प्रत्यक्षात चालना देऊन किरणोत्सर्ग बाहेर पडतो का हे पहायला हवे. सिद्धांत व वस्तुस्थिती यांचा मेळ बसतो की नाही हे ताडून पाहणे आवश्यकच असते.

१९२४ साली, असे प्रयोग करण्यात आले. चालना देण्याने खरोखरच असा किरणोत्सर्ग बाहेर पडतो व त्यातून निर्माण होणारा प्रकाश 'बिंदू स्रोत' (कोहिरंट) स्वरूपाचा व एकाच रंगाचा असतो असे दिसून आले.

परंतु अभ्यास करण्याजोग्या प्रमाणात असा किरणोत्सर्ग कसा काय निर्माण करणार? हे काही सोपे असेल असे वाटत नाही. अगोदरच विश्वात आपल्या आजूबाजूला मोठ्या प्रमाणात किरणोत्सर्ग असतो, पण तो सर्व 'विस्तारित' स्वरूपाचा (इनकोहिरंट) असतो. त्यामुळे नेहमीचा किरणोत्सर्ग निर्माण करणे सोपे आहे मात्र चालना दिलेले उत्सर्जन मात्र निर्माण करण्यास कठीण आहे असेच दिसते.

असे चालना दिलेले उत्सर्जन निर्माण करणे कठीण असण्याचे एक कारण म्हणजे एखादे विशिष्ट फोटॉन शोषून घेण्यासाठी अणूंना उत्तेजित केले की ते त्याच फोटॉनना फार काळ चिकटून राहत नाहीत. पुरेशा अणूंना उत्तेजित करून मग त्यांना चालना देण्यासाठी आवश्यक तेवढा वेळ त्यांना उत्तेजित अवरथेत टिकवून ठेवता येत नाही.

हे इतके स्पष्ट दिसत होते की चालना देऊन किरणोत्सर्ग निर्माण करणे शक्य आहे हे समजल्यावर देखील कोणीच ते मोठ्या प्रमाणावर करून पाहण्याचा प्रयत्न केला नाही.

पण मग १९११ साली चार्ल्स हार्ड टाउन्स (१९१५-) हा अमेरिकन शास्त्रज्ञ मायक्रोवेव्हजचा शक्तीशाली झोत निर्माण करण्याचा मार्ग शोधत होता. अमोनिया वायूचे रेणू त्याला हव्या असणाऱ्या आकाराचे मायक्रोवेव्हचे फोटॉन शोषून घेऊ शकतील असा एक विचार त्याच्या मनात आला. जर अमोनिया वायूचे पुरेसे रेणू उत्तेजित करून त्यांना चालना देता आली तर मायक्रोवेव्हजचा शक्तीशाली झोत निर्माण होईल.

अमोनियाचे रेणू केवळ तापवून त्यांना उत्तेजित करून त्याच उत्तेजित अवस्थेत ठेवता येणार नाही हे टाउन्सच्या लक्षात आले. त्यासाठी इतर काही तरी मार्ग वापरावे लागतील. कदाचित विद्युतप्रवाह उपयोगी ठरेल, किंवा प्रकाशाचा झोत अथवा रासायनिक प्रतिक्रिया. ते जर करता आले, तर उत्तेजित अमोनियाला चालना देऊन त्याला हवा तो मायक्रोवेव्हजचा शक्तीशाली झोत मिळवता येईल.

डिसेंबर १९५३ मध्ये टाउन्स व त्याच्या विद्यार्थ्यांना असे उपकरण बनवण्यात यश आले. यात अमोनियाचे सर्व रेणू उत्तेजित करून त्यात योग्य त्या आकाराचा फोटॉन सोडोपर्यंत ते उत्तेजित राहत असत व नंतर सर्वकाही एकाच क्षणी घडून येई. हा 'शक्ती वाढवून चालना दिलेला किरणोत्सर्ग' (ऑम्प्लिफिकेशन बाय स्टिम्युलेटेड एमिशन ऑफ रेडिएशन) होता, पण यात मायक्रोवेव्हजचा संबंध असल्याने, तो 'शक्ती वाढवून चालना दिलेला मायक्रोवेव्हजचा किरणोत्सर्ग' (मायक्रोवेव्ह ऑम्प्लिफिकेशन बाय स्टिम्युलेटेड एमिशन ऑफ रेडिएशन) होता.

या उपकरणासंबंधी किंवा प्रयोगासंबंधी बोलताना प्रत्येक वेळी एवढे सर्व म्हणणे शास्त्रज्ञांनाही गैरसोयीचेच होते, म्हणून मग टाउन्सने या लांबलचक शब्दातील 'एम ए एस इ आर' ही अद्याक्षरे घेऊन 'मेझर' असा छोटा शब्द तयार केला.

साधारणपणे त्याच सुमारास सोव्हिएट रशियातील दोन शास्त्रज्ञही 'मेझर' बनण्याच्या प्रयत्नात होते. त्यापैकी एक होता, अलेक्झांडर एम. प्रोहोरोव्ह (१९१६-) आणि दुसरा होता निकोलाय जी. बासॉव्ह (१९२२-). १९६४ साली मेझर संबंधीच्या संशोधनकार्यासाठी टाउन्स, प्रोहोरोव्ह व बासॉव्ह या तिघांना मिळून नोबेल पारितोषिक देण्यात आले.

सुरुवातीला तयार करण्यात आलेल्या मेझरमधून फक्त थोडाच वेळ मायक्रोवेव्हज मिळत असत. एकदा अणू किंवा रेणूंना उत्तेजित केले की अधिकचे सर्व फोटॉन्स एका निमिषार्धात बाहेर टाकले जात आणि मेझरमध्ये उत्तेजित अणू किंवा रेणू शिल्लकच राहत नसत. त्यांतून आणखी किरणोत्सर्ग मिळवण्यासाठी प्रथम सर्व अणू-रेणू उत्तेजित करावे लागत.

परंतु १९५६ साली निकोलस ब्लूमबर्गन (१९२०-) या डच-अमेरिकन शास्त्रज्ञाला ऊर्जेच्या तीन पातळ्या असणारा रेणू वापरण्याची कल्पना सुचली. सर्वात खाली असतील नेहमीचे साधे रेणू, त्यावर असतील उत्तेजित केलेले अणू व त्यावरच्या थरात असतील अधिकच उत्तेजित केलेले अणू.

अशा तीन पातळ्या असणारा मेझर असेल, तर रेणूंना एका पातळीतून तिसऱ्या पातळीपर्यंत पंपाच्या सहाय्याने पाठवता येईल. योग्य आकाराचा फोटॉन तिसऱ्या पातळीवरील रेणू दुसऱ्या पातळीवर ढकलून देईल व त्यातून मायक्रोवेव्हजचा फवारा निघेल. मग ते रेणू दुसऱ्या पातळीवरून पहिल्या पातळीवर पडतील, त्याबरोबर लगेच पंपाने त्यांना परत तिसऱ्या पातळीवर नेले जाईल. एका प्रकारचा फोटॉन पंपाचे काम करील तर दुसऱ्या प्रकारचा फोटॉन उत्तेजना देण्याचे

काम करील. एकमेकांना बाधा न आणता ते एकमेकांच्या सहाय्याने काम करीत राहतील म्हणजे मेझर उत्तेजितच राहिल व त्यातून किरणोत्सर्ग निघत राहिल.

अशा प्रकारचे 'अखंडित कार्य करणारे मेझर' बनवणारा ब्लूमबर्गन हा पहिलाच शास्त्रज्ञ होता आणि १९८१ साली या कार्यासाठी त्याला नोबेल पारितोषिक विभागून देण्यात आले.

मेझर हे 'अॅम्प्लीफायर्स' म्हणजे 'शक्ती वाढवणारे' आहेत हे लक्षात ठेवणे गरजेचे आहे. अवकाशातून येणारा किरणोत्सर्ग मेझरवर येऊ दिला अशी कल्पना करा. योग्य त्या ऊर्जापातळीवरील एखादा फोटॉन जर त्यात आला, तर त्यातून मायक्रोवेव्हजचा झोत उत्तेजित होऊ शकेल. शास्त्रज्ञांना त्या मूळच्या फोटॉनऐवजी हा झोत ओळखणे अधिक सोपे जाईल. त्यामुळे मेझर हे अवकाशातील घडामोडी जाणून घेण्यासाठी शास्त्रज्ञांना मिळालेले एक अतिशय संवेदनशील उपकरण (डिटेक्टर) ठरले.

अर्थात, एखादा मेझर फक्त एकाच प्रकारच्या ऊर्जेचे फोटॉन शोधून काढेल, पण मग अनेक प्रकारचे मेझर लगेचच बनवण्यात आले. काहीनी यात निरनिराळ्या वायूंचा उपयोग केला, तर काहीनी घन द्रव्य वापरले. प्रत्यक्षात त्यामुळे निरनिराळ्या मेझरच्या द्वारे अनेक निरनिराळ्या लहरलांबीच्या मायक्रोवेव्हज शोधून काढता आल्या.

मेझरमधून निघणारे मायक्रोवेव्हजचे झोत हे बिंदूझोत एकाच लहरलांबीचे असतात हे लक्षात ठेवा. खूप मोठ्या अंतरात देखील ते फारसे विखुरले जात नाहीत. अशा मायक्रोवेव्हजचा झोत योग्य दिशेने पाठवला, तर तो फारसा न विखरता शुक्रापर्यंत जाईल. शुक्रावर आपटून परावर्तित होईल, आणि मायक्रोवेव्हजचा पृथ्वीवर परत आलेला प्रतिध्वनी (एको) ओळखता येईल.

मायक्रोवेव्हज प्रकाशाच्या गतीने प्रवास करतात आणि आपल्याला प्रकाशाच्या गतीचा नेमका वेग माहीत आहे. हा झोत सोडल्यापासून ते त्याचा पडसाद परत येईपर्यंत जो वेळ लागेल तो मायक्रोवेव्हजचा प्रकाशाच्या गतीने शुक्रापर्यंत जाऊन परत येण्याच्या प्रवासाचा कालावधी होय. (त्याला केवळ काही मिनीटेच लागतात!) यावरून मायक्रोवेव्हज शुक्राच्या पृष्ठभागावर आदळल्या तेव्हा शुक्र पृथ्वीपासून नेमका किती अंतरावर होता हे समजते.

खगोलशास्त्रीय अंतरे मोजण्यासाठी मायक्रोवेव्हजचा झोत पाठवणे हा आतापर्यंत आपल्याला सापडलेला सर्वोत्तम मार्ग आहे. खगोलशास्त्रज्ञांना आता ग्रहांच्या भ्रमणकक्षा पूर्वीपेक्षा अचूकपणे माहीत आहेत.

संपूर्ण शुक्रावर कायमच ढगांचे जाड आवरण असते. कितीही उत्तम दुर्बिण असली तरी आपल्याला ढगांच्या पलीकडे पाहता येत नाही, म्हणून अगदी अलीकडेपर्यंत शुक्राचा घन पृष्ठभाग कसा आहे याबाबत कोणाला काहीच कल्पना नव्हती. शुक्र स्वतःभोवती काय वेगाने फिरतो किंवा कोणत्या दिशेने फिरतो हे देखील माहीत नव्हते.

परंतु मायक्रोवेव्हज शुक्राच्या ढगांच्या आरपार जाऊन घन पृष्ठभागावर आदळतात. तेथून त्या ढगांचा पडदा पार करून आपल्याकडे परत येतात व आपल्याला त्यांचा प्रतिध्वनी (एको) मिळतो.

मेझरमधून सोडलेला झोत एकाच रंगाचा व एकाच लहरलांबीचा असतो. शुक्राचा पृष्ठभाग जर गुळगुळीत आणि स्थिर असता, तर हा झोत परावर्तित होताना त्याच्या लहरलांबीत काहीही बदल झाला नसता. तेच तो ग्रह जर फिरत असेल

आणि त्याचा पृष्ठभाग अस्थिर असेल, तर मात्र त्याच्या लहरलांबीत फरक पडतो. तो जितक्या जलद गतीने फिरत असेल, तितका त्याच्यातील फरक अधिक असतो. मायक्रोवेव्हजच्या प्रतिध्वनीचा अभ्यास करून १९६२ साली शास्त्रज्ञांनी शुक्राच्या स्वतःभोवतीच्या भ्रमणाची नेमकी गती शोधून काढली. हे यापूर्वी माहिती नव्हते.

शिवाय शुक्राचा पृष्ठभाग खडबडीत असल्यास, त्याच्यावर डोंगर व दऱ्या असल्यास त्यावरूनही मायक्रोवेव्हजच्या प्रतिध्वनीत फरक पडतो. प्रत्यक्षात असे झोत वापरून त्यांची स्थानेही निश्चित करण्यात आली आहेत. १९७८ साली शुक्राभोवती भ्रमण करणारे एक शोधयान पाठवण्यात आले आणि मायक्रोवेव्हजच्या प्रतिध्वनीचा वापर करून त्याने शुक्राच्या पृष्ठभागाचा संपूर्ण नकाशा तयार केला.

मायक्रोवेव्हजचे झोत शुक्राच्याही पलीकडे जाऊन पोचले आहेत. त्यांनी बुध, मंगळ, सूर्य, गुरु वगैरेंपर्यंतही प्रवास केला आहे. १९८९ साली मायक्रोवेव्हजचा झोत टायटन या शनिच्या मोठ्या उपग्रहावरूनही परावर्तित होऊन परत आला आहे. शुक्र पृथ्वीच्या सर्वात जवळ असताना त्याचे आपल्यापासून जे अंतर असते, त्याच्या ३५ पट अंतरावर टायटन आहे.

टायटन या एकाच उपग्रहाभोवतीचे वातावरण इतके दाट व धूसर आहे की शोधयान देखील त्याच्या पृष्ठभागाविषयी काहीच माहिती देऊ शकले नाही.

मायक्रोवेव्हजच्या झोताला टायटन पर्यंत जाऊन परत येण्यास २ १/३ (दोन पूर्णांक एक तृतीयांश) तास लागला पण तो ढगांच्या आरपार जाऊ शकला व त्याने टायटनच्या पृष्ठभागासंबंधी माहिती पुरवली. हा उपग्रह स्वतःभोवती फिरत असल्याने तीन निरनिराळ्या दिवशी पाठवलेले झोत निरनिराळ्या ठिकाणी आदळले. पहिल्या व तिसऱ्या दिवशीचा प्रतिध्वनी, एखाद्या द्रव पदार्थावर आदळल्यासारखा, खूपच कमकुवत होता. दुसऱ्या दिवशीचा प्रतिध्वनी मात्र एखाद्या घन पदार्थावर आदळल्यासारखा शक्तीशाली होता.

कदाचित पृथ्वीप्रमाणेच टायटनवर देखील खंडे व महासागर असतील. पण अर्थात टायटनवरील खंडे व महासागर हे पृथ्वीवरील खंडे व महासागर यांच्यापेक्षा फारच निराळ्या द्रव्याचे बनले असावेत.

४

लेझर्स

आपल्याला जर कोणत्याही लांबीच्या लहरींच्या मायक्रोवेव्हज निर्माण करता येतात, तर मग मायक्रोवेव्हज नसणाऱ्या विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्गाचे झोत का निर्माण करता येऊ नयेत? यासाठीचे द्रव्य जर काळजीपूर्वक निवडले, तर त्यातून असाधारण ऊर्जा असणारा किरणोत्सर्गाचा झोत निर्माण होईल अशी ऊर्जा मिळायला हवी. या किरणोत्सर्गाच्या लहरींची लांबी नेहमीपेक्षा अत्यंत आखूड असेल. कदाचित अवरक्त लहरींचा किंवा कदाचित डोळ्यांना दिसणाऱ्या प्रकाशाचाही झोत निर्माण करता येईल.

१९५८ साली टाउन्स याचा विचार करीतच होता व मायक्रोवेव्हजच्या ऐवजी प्रकाशाचा झोत निर्माण करण्यासाठी कोणत्या द्रव्यापासून मेझर बनवावा लागेल यासंबंधी त्याचे संशोधन चालू होते. प्रकाश निर्माण करणारा मेझर हा 'दृश्य मेझर' (ऑप्टिकल मेझर) असेल.

परंतु शास्त्रज्ञांनी त्याच्यासाठी हे नाव निवडले नाही. मेझर म्हणजे 'मायक्रोवेव्ह अॅम्प्लिफिकेशन बाय स्टिम्युलेटेड एमिशन ऑफ रेडिएशन' हे आपल्याला माहीत आहे, म्हणून हा असेल 'लाइट अॅम्प्लिफिकेशन बाय स्टिम्युलेटेड एमिशन ऑफ रेडिएशन'. याची अद्याक्षरे घेतल्यास 'एल ए एस इ आर' यांचा शब्द बनतो 'लेझर' म्हणून अशा उपकरणाला ते नाव देण्यात आले.

पहिल्या अक्षरावरूनच आपल्याला समजते की मेझर मधून एकाच बिंदूत एकवटणाऱ्या व एकाच रंगाच्या मायक्रोवेव्हज निर्माण केल्या जातात; तर लेझर मधून एकाच बिंदूत एकवटणारा, एका रंगाचा प्रकाशझोत निर्माण केला जातो.

१९६० साली थिओडोर हॅरॉल्ड मेमन (१९२७-) या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने पहिला लेझर बनवण्यात यश मिळवले. त्याने यासाठी एक कृत्रिम माणकाची कांडी वापरली. अल्युमिनियम ऑक्साइडमध्ये थोड्या प्रमाणात क्रोमियम ऑक्साइड मिसळून ती बनवण्यात आली होती. क्रोमियमच्या अणूंमुळे या द्रव्याला लाल रंग येतो व त्यामुळेच हे माणिक बनते.

क्रोमियमच्या अणूंना उत्तेजित करून पंपाने वर नेता येते व ते जेव्हा खालच्या पातळीवर येतात, तेव्हा त्यांच्यात लाल रंग दिसेल अशा लहरलांबीचे फोटॉन बाहेर टाकण्याइतकी ऊर्जा असते. ही कांडी उत्तेजित केली की योग्य अशा लहरलांबीचा एक फोटॉन त्या कांडीत सोडला जातो. मग त्यातून त्याच लहरलांबीचे आणखी फोटॉन बाहेर निघू लागतात. हे माणकाच्या कांडीतून बाहेर येताना गडद लाल रंगाचा बिंदूस्रोत बाहेर पडतो.

पहिला लेझर खंडित प्रकारचा (इंटरमिटंट) होता. त्यातून प्रकाशाची एक चमक (पल्स) निघाली व दुसरी चमक निघण्यासाठी त्याला परत उत्तेजना द्यावी लागली. तथापि, १९६० साल संपण्यापूर्वीच इराणमध्ये जन्मलेल्या अलि जवान या शास्त्रज्ञाने निऑन व हेलियम या वायूंचे मिश्रण वापरून अखंडित लेझर निर्माण केला.

१९६० सालापूर्वी शास्त्रज्ञांनी एका रंगाचा प्रकाश बिंदूस्वरूपात कधी पाहिला नव्हता. पृथ्वीवरील नेहमीच्या प्रकाशस्रोतातून म्हणजे सूर्याकडून व तान्यांमधून मिळणारा प्रकाश विखुरणारा व अनेक रंगांचा होता.

१९६० सालापासून मात्र काही खगोलीय वस्तूंमधून आलेला प्रकाशही बिंदूस्रोत प्रकारचा असलेला आढळला आहे. तान्यांदरम्यानच्या अवकाशात विरळ वायूचे ढग असतात, त्यांना 'तान्यांदरम्यानचे ढग' (इंटरस्टेलर क्लाउड्स) म्हणतात. काही वेळा आजूबाजूच्या तान्यांतील प्रकाशाने या वायूतील काही अणू उत्तेजित होतात, व याचा परिणाम म्हणून मायक्रोवेव्हजचे एकवटलेले स्रोत निर्माण होतात. अशा ढगांना 'विश्वातील मेझर्स' (कॉस्मिक मेझर्स) म्हणतात. मंगळ व शुक्राच्या वातावरणांत देखील काहीसे असेच घडते. या दोन्ही ग्रहांवरील वातावरणांत मुख्यतः कर्बद्धिप्राणील वायूच (कार्बन डायॉक्साइड) आहे. वातावरणातील उंचावरील थरातील कर्बद्धिप्राणील वायु सूर्यप्रकाशाने उत्तेजित होतो व त्यातून अवरक्त रंगाच्या बिंदूस्रोत प्रकाशाचे स्रोत बाहेर पडतात. प्रत्यक्षात कर्बद्धिप्राणील वायूच्या वापराचे लेझर्स पृथ्वीवर तयार करण्यात आले आहेत व त्यातून निघणारा किरणोत्सर्ग मंगळ व शुक्राच्या वातावरणातील वरच्या थरात नैसर्गिकरित्या निर्माण होणाऱ्या किरणोत्सर्गासारखाच असतो.

तथापि, विश्वातील मेझर्स व लेझर्स आपण पृथ्वीवर निर्माण करतो त्या मेझर्स व लेझर्स इतके प्रभावी नसतात. अवकाशातील एकवटलेल्या प्रकाशस्रोतांचे गट निरनिराळ्या दिशांना जातात. त्यामुळेच ते काय शोधत आहेत हे माहीत होईपर्यंत शास्त्रज्ञांना ते ओळखू आले नव्हते.

पृथ्वीवर निर्माण केलेल्या लेझर्समध्ये बिंदूस्रोत प्रकाशाची एकाच दिशेने जाण्याची वृत्ती आरशांच्या वापराने अधिक वाढवली जाते. तान्यांदरम्यानच्या ढगांना किंवा इतर ग्रहांवरील वातावरणांत असे करणे अर्थातच शक्य नसते. कांडीच्या ज्या दोन टोकांना लेझर्स तयार होतात त्यांना व्यवस्थित पॉलिश करून ते आरशासारखे बनवलेले असतात. मग त्या स्रोतातील फोटॉन नेमके सरळ रेषेतच पुढे-मागे जातात व प्रत्येक वेळी अधिक फोटॉन व अधिक ऊर्जा जमवतात.

चुकून एखादा फोटॉन जर इतरांपेक्षा किंचित निराळ्या दिशेने जात असेल, तर सेकंदाच्या एका लहानशा अंशात तो दांड्याच्या एका बाजूला पोचतो आणि मग तो बाहेर तरी पडतो नाहीतर शोषून तरी घेतला जातो. तसेच चुकून एखादा फोटॉन जर बाहेरून दांड्याकडे आला व चुकीच्या दिशेने जाऊ लागला, तर तो दांड्यातून दुसऱ्या बाजूने बाहेर टाकला जातो.

अखेर, लेझरचा स्रोत अतिशय नेमकेपणाने केंद्रित (फोकस) केला जातो. यातील एक आरसा काहीसा पारदर्शक असतो व जेव्हा एखादा लेझरचा स्रोत पुरेसा शक्तीशाली होतो (हे लगेचच घडते), तेव्हा तो त्या बाजूकडूनच बाहेर पडतो.

लेझरचा स्रोत इतक्या अचूकपणे व नेमकेपणाने केंद्रित करता येतो की दशलक्ष मीटर अंतरावरील एका लहानशा भांड्यावर तो सोडला तरी तो त्यातील कॉफी गरम करू शकतो. १९६२ साली लेझरचा एक स्रोत चंद्रावर, म्हणजे सुमारे ३८.३ कोटी मीटर्सवर, पोचला आणि एवढ्या मोठ्या अंतरात देखील तो केवळ दोन मैल इतकाच विखुरला गेला होता. आता आपण याहूनही अधिक चांगली कामगिरी करू शकतो. १९६९ साली अवकाशवीरांनी चंद्रावर एक आरसा ठेवला आणि लेझरचे स्रोत त्यावरून पृथ्वीकडे परत येऊ लागले. त्यामुळे शास्त्रज्ञांना पृथ्वी व चंद्रातील अंतर अधिकच अचूकपणे मोजता येऊ लागले.

१९६४ साली जेरोम व्ही.व्ही. कॅस्पार या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने पहिला रासायनिक लेझर तयार केला. अशा प्रकारच्या लेझरमध्ये रासायनिक प्रक्रिया ऊर्जेचा स्रोत म्हणून वापरली जाते. या रासायनिक प्रक्रियेतून निर्माण झालेली ऊर्जा लेझरमधील रेणूंना उत्तेजित करते व त्यातून एकवटलेला, बिंदूस्रोत निर्माण होतो.

सामान्य लेझर एखाद्या विद्युत उपकरणासारखा असतो, व ऊर्जा मिळण्यासाठी तो भिंतीतील विजेच्या सॉकेटला जोडावा लागतो म्हणजे त्याला बाहेरून ऊर्जा पुरवली जाते. रासायनिक लेझरमध्ये ऊर्जेचा स्रोतही लेझरचाच भाग असतो.

एखाद्या बॅटरी घातलेल्या विद्युत उपकरणाप्रमाणे याचे काम चालते. ऊर्जेसाठी याला सॉकेटला जोडावे लागत नाही.

अर्थात, अखेर केव्हातरी यातील बॅटरी संपतेच आणि रासायनिक लेझरमधील रासायनिक प्रक्रियाही थांबते. तरीही, चालू स्थितीतील रासायनिक लेझर साध्या लेझरपेक्षा अधिक कार्यक्षम असतो. साध्या लेझरपेक्षा रासायनिक लेझरमधील अधिक ऊर्जेचा वापर बिंदूस्रोत निर्मितीसाठी केला जातो.

१९६६ साली जॉन आर. लॅन्कर्ड व पीटर सोरोकिन यांनी पहिला प्राकृतिक लेझर (ऑर्गेनिक लेझर) तयार केला. यात प्राकृतिक (ऑर्गेनिक) रेणूंचा वापर केला जातो. कार्बनच्या अनेक अणूंसह असे रेणू अनेक अणूंचे मिळून बनवले जातात.

प्राकृतिक रेणू इतके गुंतागुंतीचे असतात की रेणूतील कोणताही अणु उत्तेजित झाल्यावर ते निरनिराळ्या स्तरावर ऊर्जा मिळवू शकतात. याचा अर्थ, प्राकृतिक लेझर निरनिराळ्या लहरलांबीचे एकवटलेले स्रोत निर्माण करू शकतात, आणि ते योग्य प्रकारे 'ट्यून' करून त्यातून आपल्याला हव्या त्या वेळी हव्या त्या प्रकारची लहरलांबी असणारा स्रोत मिळवता येतो.

आजकाल, 'सेमी कंडक्टर लेझर' या प्रकारचे लेझर सर्वत्र आढळतात. संगणकात जशा छोट्याशा 'चिप्स' वापरल्या जातात, तसेच द्रव्य यातही वापरलेले असते. अशा प्रकारचा लेझर मिठाच्या एखाद्या कणाएवढाच असतो. यातून विद्युतप्रवाह गेला की त्यातून चिमुकले बिंदूस्रोत बाहेर येतात.

५

लेझरचे उपयोग

मेझर व लेझरचा सर्वप्रथम शोध लावण्यात आला त्यावेळी ते फक्त शास्त्रज्ञांच्याच कामाचे ठरतील अशीच कल्पना होती. रोजच्या जीवनांत सर्वसामान्यांना त्यांचा काही उपयोग होऊ शकेल असे कोणालाच वाटले नव्हते. परंतु असे अनेक उपयोग आहेत असे नंतर लक्षात आले.

सर्वप्रथम महत्वाची गोष्ट म्हणजे लेझर कोणत्याही प्रमाणात बिंदूस्रोत निर्माण करू शकतात व त्या सर्वांचा वापर करता येतो. 'सेमी कंडक्टर चिप'मधून अत्यंत लहान प्रमाणात लेझरचा झोत मिळतो व बाजारात खरेदी केलेल्या वस्तूंवरील बारकोड वाचून त्याची किंमत नोंदवण्यासाठी त्याचा उपयोग होतो. हा झोत इतका सूक्ष्म असतो की तो लक्षातही येत नाही. त्याची शक्ती एका वॉटच्या एक हजारांशाहूनही कमी असते. रात्रभर ठेवण्याच्या नाइट लाइटची शक्ती त्याच्या तुलनेत हजार पटींहूनही अधिक असते.

त्याचबरोबर, खूप मोठा लेझर बनवून त्याच्यात अविश्वसनीय अशा उच्च शक्तीपर्यंत ऊर्जा साठवली जाईल आणि ती सर्व एकदम बाहेर टाकली जाईल असेही करता येते. अशा वेळी प्रचंड प्रमाणावर ऊर्जा तयार होते, पण ती सर्व एका क्षणात वापरली जाते आणि तो झोत अगदी थोडा वेळच टिकतो.

२० लक्ष वॉट शक्तीच्या एकवटलेल्या प्रकाशाचा लखलखाट होईल असेही लेझर बनवता येतात पण त्यांचा प्रकाश फक्त काही सेकंदच टिकतो. एक लाख अब्ज (एकावर १४ शून्ये) वॉटचा प्रकाश क्षणार्धात देईल असाही एक लेझर आहे. ही ऊर्जा एखाद्या अणुऊर्जा केंद्रातून मिळेल त्याच्यापेक्षा लाखपटीने अधिक आहे. तथापि, असा लखलखाट केवळ एक अब्जांश सेकंदाहूनही कमी काळ टिकेल. असे प्रचंड लेझर फक्त शास्त्रीय कार्यासाठी किंवा शस्त्रास्त्रे म्हणूनच वापरले जातात. ते काही सर्वसामान्यांसाठी बाजारात उपलब्ध होणार नाहीत.

प्रत्यक्षात लेझरमधून जेवढी ऊर्जा निर्माण होते त्यापेक्षा कितीतरी अधिक ऊर्जा ते निर्माण करण्यासाठी खर्ची पडते. रेणूंना उत्तेजित करण्यासाठी जेवढी ऊर्जा खर्ची पडते त्यापैकी बहुधा २० टक्क्यांहूनही कमीच ऊर्जा प्रकाशाच्या झोतासाठी उपयोगी ठरते. बाकीच्या ऊर्जेचे उष्णतेतच रूपांतर होते.

अशा तऱ्हेने ती निर्माण करण्यासाठी वापरलेल्या ऊर्जेपैकी जवळजवळ ८० टक्के ऊर्जा वायाच जात असेल, तर लेझरचा झोत मिळवण्याची काय गरज आहे असा विचार कदाचित तुमच्या मनात येईल. परंतु, इतर स्वरूपातील ऊर्जा जे कार्य करू शकत नाही ते लेझरच्या झोताकडून करून घेता येते हे त्याचे खरे उत्तर आहे. त्यातून वाया गेलेल्या ऊर्जेची एक प्रकारे भरपाईच होते असे म्हणता येईल.

उदाहरणार्थ, लेझरचा झोत सूक्ष्म बिंदूपाशी केंद्रित करता येतो. साध्या प्रकाशाचा तसा उपयोग होऊ शकत नाही कारण त्याच्या लहरी सर्व दिशांना विखुरल्या जातात व त्या एका बिंदूपाशी केंद्रित करता येत नाहीत. लेझरचा झोत १,००० नॅनोमीटर रुंदीच्या (म्हणजे प्रकाशलहरीच्या केवळ दुप्पट अंतर) बिंदूपाशी देखील सहज एकवटता येतात. लेझरच्या झोतातील संपूर्ण ऊर्जा त्या चिमुकल्या बिंदूपाशीच केंद्रित होते व त्या बिंदूचे तापमान वाढते.

लेझरची शक्ती थोडीशीच असेल, तर त्याचा कागद व रबर कापण्यासाठी उपयोग होऊ शकतो. त्याहून शक्तीशाली लेझर जाड प्लॅस्टिक अथवा लाकूड कापू शकते. हा झोत जर एखाद्या लहान बिंदूवर पुरेसा केंद्रित केला तर त्याचे तापमान इतके वाढते की त्या ठिकाणचा धातू वितळून त्याला भोक पाडता येते.

टॉर्च किंवा करवतीपेक्षा एकवटलेल्या लेझरच्या झोताने धातू कापण्याचे काम सहजपणे, चटकन, अधिक व्यवस्थितरित्या व नेमकेपणाने करता येते. लेझरचा झोत निर्माण करताना जरी ८० टक्के ऊर्जा वाया जात असली, तरीही धातू कापण्यासाठी लेझरला आवश्यक असणारी एकूण ऊर्जा कमीच असते.

लेझरच्या सहाय्याने अतिशय नाजूक कामही करता येते कारण लेझरचा झोत सेकंदाच्या एका सूक्ष्म भागात सुरू किंवा बंद करता येतो. तो सुरू असताना नेमक्या ज्या बिंदूवर झोत केंद्रित केला असेल, तेथील तापमान खूपच वाढते, पण ती उष्णता इतरत्र पसरण्यापूर्वीच झोत क्षणार्धात बंदही होतो.

उदाहरणार्थ, लेझरची खोडरबरे बनवण्यात आली, त्यात टाइपरायटरची शाई जाळून टाकण्याइतकी उष्णता इतक्या चटकन निर्माण होते व बंद होते की तिला कागद जाळण्याइतका वेळच मिळत नाही. अर्थात साध्या खोडरबराने किंवा पांढऱ्या शाईने जे काम सहज होऊ शकते, त्यासाठी लेझरचा वापर करणे वेडेपणाचे ठरेल, पण लेझर काय करू शकतो हे दाखवण्यासाठीच हे उदाहरण दिले आहे.

मानवी शरीरातही लेझरचा अशा प्रकारे उपयोग केला जाऊ शकतो. उदाहरणार्थ, आंधळेपणा येईल अशा प्रकारे डोळ्यातील पडदा सैल होत आहे अशी चिन्हे दिसल्यास बुबुळातून क्षणार्धात गेलेल्या लेझरच्या झोताने हे पटल डोळ्याच्या मागच्या बाजूस टाचून टाकता येते व जोडाचा हा बिंदू इतका सूक्ष्म असतो, की त्याने दृष्टीत काहीच फरक पडत नाही. लेझरने हे काम इतक्या चटकन होते की उष्णतेने आजूबाजूच्या इतर भागाला इजा पोचण्यास वेळच नसतो. लेझरच्या प्रकाशाने चामखीळ, त्वचेवरील डाग, गोंदण, पायातील भोवऱ्या सहज काढून टाकता येतात किंवा साधी शस्त्रक्रियादेखील करता येते.

छपाईसाठीही लेझरचा उपयोग होतो. सुरुवातीच्या संगणकाच्या प्रिंटरमध्ये अक्षरे एका काळ्या फितीवर आदळून मग कागदावर उमटत असत. त्याचा बराच आवाज होई. लेझर प्रिंटरमध्ये लेझरच कागदावर अक्षरे छापतो आणि हे तो अतिशय जलद व आवाज न करता करतो. लवकरच सर्वच कॉम्प्युटरचे प्रिंटर लेझर प्रिंटर असतील.

आवाजाची पुनर्निर्मिती करण्यासाठी लेझरचा आजकाल सर्वात जास्त वापर होतो. अगदी अलीकडेपर्यंत सपाट तबकडीवर आवाज रेकॉर्ड केला जात असे. यात जलद गतीने कंप पावणाऱ्या सुईच्या सहाय्याने खाच बनवली जाते. शब्द व संगीत यांच्या गुंतागुंतीच्या ६वनीलहरींप्रमाणे सुई कंप पावते. नंतर तबकडी (रेकॉर्ड) कडक झाल्यावर दुसरी सुई या खाचेतून फिरताना पहिल्या सुईप्रमाणेच कंप पावते. म्हणजे मूळच्याच ६वनीलहरी परत निर्माण होतात. मग त्यांची शक्ती वाढवून (अॅम्प्लिफिकेशन) आपण शब्द व संगीत ऐकू शकतो.

या पद्धतीत सुई हळूहळू झिजते व बदलावी लागते. कधी कधी हलकासा घर्षणाचा आवाजही येतो.

परंतु आता नव्या प्रकारच्या रेकॉर्डमध्ये ६वनीलहरी चमकणाऱ्या पृष्ठभागावर सूक्ष्म काळ्या ठिपक्यांत रूपांतरित केल्या जातात. हे ठिपके डोळ्यांना दिसत नाहीत. एका लहानशा सेमीकंडक्टरमधून येणारा अतिशय कमी शक्तीच्या लेझरचा अवरक्त झोत हा पृष्ठभाग 'वाचतो' (स्कॅन करतो) व ठिपक्यांना ६वनीलहरीत रूपांतरित करतो.

रेकॉर्डचा प्रत्यक्ष धातूशी संबंध येतच नाही, म्हणून घर्षण होण्याचा प्रश्नच नसतो. आवाजाची निर्मिती अत्यंत शुद्ध स्वरूपात व इतर कोणताच आवाज न येता केली जाते. शिवाय, एका विशिष्ट आकाराच्या अशा काळ्या ठिपक्यांच्या नव्या रेकॉर्डमध्ये, खाचा असणाऱ्या जुन्या रेकॉर्डपेक्षा कितीतरी अधिक शब्द व संगीत नोंदवून ठेवता येते. याच कारणाने, या नव्या लेझरच्या रेकॉर्ड आकाराने लहान असून जास्त संगीत साठवून ठेवत असल्याने त्यांना 'कॉम्पॅक्ट डिस्क' किंवा थोडक्यात 'सीडी' असेच म्हटले जाते. अशा 'सीडी' आता इतर प्रकारच्या रेकॉर्डची जागा झपाट्याने घेत आहेत.

लेझरचा आणखी एक महत्वाचा उपयोग संदेशांचे दळणवळण या क्षेत्रातील आहे. अनेक वर्षांपासून लोक रेडियोलहरींद्वारे संपर्क साधत आहेत. निरनिराळी रेडियो व टेलिव्हिजन केंद्रे एकाच वेळी कार्यक्रम करीत असतात, कारण प्रत्येकाच्या रेडियोलहरींची लांबी वेगवेगळी असते. आपल्या रेडियो किंवा टेलिव्हिजनवरील बटण फिरवून आपण हवी ती लहरलांबी निवडू शकतो. या प्रकारे फक्त आपल्याला हव्या त्याच केंद्राचे कार्यक्रम ऐकता किंवा पाहता येतात व इतरांकडे दुर्लक्ष करता येते.

अर्थात रेडियो किंवा टेलिव्हिजन केंद्रांनी आपापल्या लहरलांबीत काही अंतर ठेवणे अगत्याचे ठरते, म्हणजे दोन केंद्रांच्या सारख्या लहरलांबीमुळे कार्यक्रमात गोंधळ होणार नाही. याचा अर्थ तुमच्या रेडियो किंवा टेलिव्हिजनवर किती केंद्रांचे कार्यक्रम ऐकता किंवा पाहता येतील यावर मर्यादा येते.

लहरींची लांबी जितकी कमी असेल, तेवढे अधिक संदेश तेवढ्याच जागेत मावतील. उदाहरणार्थ, प्रकाशलहरींची लांबी रेडियोलहरींच्या सुमारे एक दशलक्षांश इतकीच असते, म्हणून रेडियोलहरींच्या तेवढ्याच जागेत प्रकाशलहरी वापरल्यास दशलक्ष निरनिराळी केंद्रे बसवता येतील.

अर्थात यात एक अडचण आहे. रेडियोलहरी पाऊस, धुके, ढग, झाडे, भिंती या सर्वांमधून प्रवास करू शकतात. प्रकाश ते करू शकत नाही. रेडियोलहरी वातावरणाच्या बऱ्याच उंचावरील थरांतून परावर्तित होतात म्हणून पृथ्वीच्या गोलाकारप्रमाणे जाऊन त्या खूप मोठे अंतर पार करू शकतात. प्रकाश मात्र सरळ रेषेतच प्रवास करतो व पृथ्वीच्या गोलाकारावरून लवकरच बाहेर फेकला जातो.

परंतु आपण अवकाशातील उपग्रहासंबंधी बोलत आहोत अशी कल्पना करा. अवकाशात हवामान किंवा घन वस्तूंचा अडथळा नाही आणि पृथ्वीच्या गोलाकाराचीही अडचण होत नाही. कधीकाळी जेव्हा अनेक लोक अवकाशात असतील, तेव्हा ते एकमेकांशी लेझर झोतांद्वारे लक्षावधी निरनिराळ्या लहरलांबीचा वापर करून संपर्क साधू शकतील.

पृथ्वीवर देखील आपण हे करू शकतो, पण रेडियो अथवा टेलिव्हिजनद्वारे नाही कारण यात किरणोत्सर्गाचे झोत हवेतून जातात. त्याऐवजी टेलिफोनचा विचार केला तर?

विजेचा प्रवाह तांब्याच्या तारांतून जातो म्हणून आपण टेलिफोनवर बोलू शकतो. अनेक संदेश तारांतून नेता येतात, पण काचेच्या अतिशय बारीक तंतूंतून प्रकाशाचे झोत पाठवले आहेत अशी कल्पना करा. आपण जर लेझरच्या झोतांचा वापर केला, तर शेकडो किंवा हजारो निरनिराळे संदेश अशा प्रकारच्या तंतूंमध्ये (ऑप्टिकल फायबर) मावतील.

तांब्यापेक्षा काच खूपच स्वस्त आहे व बिंदूस्रोतातून विजेच्या प्रवाहापेक्षा कितीतरी अधिक संदेश पाठवता येतील. आज देखील अनेक शहरांमध्ये 'फायबर ऑप्टिक'च्या टेलिफोनचे जाळे आहे. १९८८ च्या अखेरीच्या सुमारास फायबर ऑप्टिकची संदेशवहन यंत्रणा अँटलांटिक महासागराच्या तळातून घालण्यात आली.

मानवी शरीरात फायबर ऑप्टिकद्वारे प्रकाश आपण हवा तेथे नेऊ शकतो.

१९८९ साली लेझरच्या झोताचा वापर करून काही प्रकारचा कर्करोग बरा करण्यासंबंधी डॉक्टरांचे प्रयोग चालू आहेत. प्रथम रोग्याला प्रकाश शोषून घेईल असे एक औषध देण्यात येते. दोन-तीन दिवसांनी हे औषध शरीरात सर्वत्र पसरले की मग एक बारीक काचतंतू (ऑप्टिकल फायबर) शरीरात घालून गाठीपर्यंत नेला जातो. त्यातून लेझरचा झोत क्षणभर गाठीत सोडला जातो. औषध तो प्रकाश शोषून घेते व त्याद्वारे ऊर्जा असणारे अणू-रेणू तयार होतात व ते आजूबाजूच्या पेशी नष्ट करतात. याप्रकारे केवळ कर्करोगाच्या गाठीतील पेशीच मरण पावतील, पण त्याबाहेरील नेहमीच्या चांगल्या पेशींना मात्र धक्काही लागणार नाही.

छायाचित्रणाच्या कामातही लेझरच्या झोतांनी आपली उपयुक्तता दाखवून दिली आहे. नेहमीच्या छायाचित्रणात साध्या प्रकाशाचा झोत वस्तूवरून फोटोच्या फिल्मवर पडतो. ज्या ठिकाणी बराच प्रकाश परावर्तित झाला आहे त्या ठिकाणची फिल्म काळवंडते; जेथे थोडासाच प्रकाश परावर्तित झाला आहे, तेथे फिल्म तेवढी काळवंडत नाही. कृष्ण-धवल रंगात आकृती तयार होते, फिल्म 'धुतली', म्हणजे 'डेव्हलप' केली की आपल्याला फोटो मिळतो. अर्थात हा फोटो सपाट असतो. यात काहीच त्रिमितीत दिसत नाही.

त्याऐवजी एखादा प्रकाशझोत दोन भागात विभागला आहे अशी कल्पना करा. झोताचा एक भाग फोटो काढावयाच्या वस्तूवर आदळून परावर्तित होतो, तर दुसरा भाग एका आरशावर आदळून परावर्तित होतो. मग ते दोन्हीही झोत एकमेकांतून आरपार जातात. त्यांच्या मिश्रणाने एक गुंता तयार होतो कारण एक झोत वस्तूवरून परावर्तित झाल्याने विखुरला जातो, पण दुसरा मात्र बदलत नाही.

ज्या ठिकाणी दोन्ही झोत एकमेकांत मिसळले जाऊन गुंता झाला त्या ठिकाणचे झोत जर फोटोच्या फिल्मवर आदळले, तर राखाडी रंगाचे धुके कशासारखेच दिसत नाही. पण त्या धुरकट फिल्मवर जर प्रकाशाचा झोत सोडला, तर त्यातील दोन्ही परावर्तित प्रकाशझोतांतील सर्व लहरींमुळे हवेत एक आकृती तयार होते. ही त्रिमिती आकृती अगदी खऱ्यासारखी दिसते, तिला 'होलोग्राफ' असे म्हणतात.

डेनिस गॅबोर (१९००-१९७९) या हंगेरीत जन्मलेल्या इंग्रज शास्त्रज्ञाने १९४७ साली हा सिद्धांत मांडला. १९७९ साली, म्हणजे २४ वर्षांनंतर होलोग्राफसाठी त्याला नोबेल पारितोषिक देण्यात आले.

साध्या प्रकाशामुळे पुरेसा व्यवस्थित 'गुंता' मिळत नाही, हेच यासाठी इतका वेळ लागण्याचे कारण होते. एकदा लेझरचा शोध लागल्यावर होलोग्राफ घेता येऊ लागले. १९६५ साली एमेट एन. लेथ व ज्युरिस अप्टानेक्स या दोन अमेरिकनांनी पहिला होलोग्राफ निर्माण करण्यात यश मिळवले.

होलोग्राफ अद्यापही सहजपणे प्रत्यक्षात उतरलेले नाहीत, परंतु, कदाचित आपल्याला टेबलावर त्रिमिती स्वरूपात टेलिव्हिजनचे कार्यक्रम पाहता येतील असे काही लोकांना वाटते. आपल्याला प्रत्यक्षात पाहत असल्याप्रमाणे एखादी क्रिकेटची मॅच किंवा संगीताची मैफल दिसेल आणि तो फक्त किरणोत्सर्ग असल्याने त्याला हात लावायचा प्रयत्न केल्यास हाताला काहीच लागणार नाही.

काही गोष्टी अद्याप भविष्यात दडलेल्या आहेत. हायड्रोजनच्या अणूंचे हेलियमच्या अणूंत रूपांतर करून त्यातून ऊर्जा निर्माण करण्याचा शास्त्रज्ञ अद्याप प्रयत्न करीत आहेत. अशा प्रकारच्या एकत्रीकरणातून (फ्युजन) ऊर्जा निर्माण करणारी केंद्रे बनवता आल्यास आताच्या अणुऊर्जा केंद्रांपेक्षा कितीतरी अधिक पटीने ऊर्जा निर्माण करता येईल. या अणुऊर्जा केंद्रातून अतिशय लहान प्रमाणात किरणोत्सर्ग निर्माण होईल व त्यामुळे धोकादायक अपघात घडण्याची शक्यता देखील खूपच कमी होईल. शिवाय पारंपारिक अणुऊर्जा केंद्रात वापरल्या जाणाऱ्या इंधनापेक्षा एकत्रीकरणासाठी वापरण्यात येणारे अणु सर्वत्र मुबलक प्रमाणात उपलब्ध असल्याने हे इंधन आपल्याला अब्जावधी वर्षांपर्यंत पुरेसे ठरेल. अर्थात, हायड्रोजन अतिशय ऊच्च तापमानापर्यंत तापवूनही पुरेसा काळ एकाच जागी जखडून ठेवण्यात यश आल्याखेरीज एकत्रीकरणाची प्रक्रिया सुरू होत नाही ही यातील खरी अडचण आहे. जवळजवळ ४० वर्षांपासून शास्त्रज्ञांचे याबाबतचे संशोधन चालू आहे पण अद्याप त्यांना यात यश आलेले नाही.

एकत्रीकरण सुरू होण्यासाठी गोठलेल्या हायड्रोजनचा वापर करणे ही एक शक्यता आहे. गोठलेल्या हायड्रोजनच्या लहानशा गोळ्यावर सर्व बाजूंनी लेझरच्या झोतांचा मारा करता येईल. त्यामुळे त्याचे तापमान कोट्यवधी अंशांपर्यंत वाढवता येईल. सामान्यतः तयार झालेला गरम हायड्रोजन वायु प्रसरण पावून बाहेर पडेल. परंतु लेझरमुळे तापमान सेकंदाच्या एखाद्या लहानशा भागातच इतके वाढेल की वायूला बाहेर पडण्याइतकाही वेळ मिळणार नाही. त्याऐवजी एकत्रीकरणाची प्रक्रियाच सुरू होईल.

अद्याप हे घडलेले नाही. यासाठी खूपच शक्तीशाली लेझरच्या झोतांची गरज आहे आणि शास्त्रज्ञांचे या समस्येवर संशोधन चालू आहे.

शत्रूकडून येणाऱ्या अणुबॉम्बचा अवकाशातच लेझरद्वारे स्फोट घडवून त्यांना नष्ट करण्याची यंत्रणा तयार करण्याचाही शास्त्रज्ञांचा प्रयत्न चालू आहे. हे प्रत्यक्षात घडेल का याबाबत अद्याप शंका आहेत. पण अणुबॉम्ब नेणारे अग्निबाण अवकाशात इतक्या जलद गतीने प्रवास करतात की अत्यंत प्रगत अशा संगणकाच्या सहाय्याने नेमक्या निशाणावर सोडलेल्या लेझरच्या झोतालाच हे काम बहुधा जमू शकेल.

याचा विचार केल्यास आश्चर्यच वाटते ना? लेझर किती प्रकारच्या गोष्टी करू शकतात आणि भविष्यात ते आणखी किती कामे करू शकतील याचा विचार तरी करून पहा. आणि तीस वर्षांपूर्वीपर्यंत लेझरची कोणाला माहिती देखील नव्हती.